



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Biosolar Roofs – Gröna tak version 2.0

– En plats för biologisk mångfald, solpaneler och pollinatörer

Biosolar Roofs – Green Roofs version 2.0

– A place for biodiversity, solar panels and pollinators

Klara Asp



Självständigt arbete • 15 hp

Trädgårdsingenjör: odling – kandidatprogram

Alnarp 2014

Biosolar Roofs – Gröna tak version 2.0. En plats för biologisk mångfald, solpaneler och pollinatörer

Biosolar Roofs – Green roofs version 2.0.. A place for biodiversity, solar panels and pollinators

Klara Asp

Handledare: Mats Gyllin, SLU, Institutionen för Arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi

Examinator: Christina Haaland, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatarbete i biologi

Kurskod: EX0493

Program/utbildning: Trädgårdsingenjör:odling – kandidatprogram

Examen: Kandidatexamen i biologi, Trädgårdsingenjörsexamen

Ämne: Biologi EX0493

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: Mars, 2014

Omslagsbild: Jonatan Malmberg

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Biologisk mångfald, gröna tak, biodiversitetstak, biosolar roofs, humlor, pollinatörer, biodiversitet, solpaneler, urban greening

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för biosystem och teknologi

Förord

Jag vill först rikta ett tack till Jonatan Malmberg som har introducerat mig till detta ämne och EU-projekt och som även kommit med goda råd och synpunkter. Ett stort tack riktas till min handledare Mats Gyllin för välbehövlig feedback, goda idéer och synpunkter under arbetets gång. Björn Calander, min far, förtjänar ett tack för sina råd, korrigeringar och berömmande kommentarer vad gäller uppsatsens språk. Slutligen vill jag tacka mina vänner som gett stöd och uppmuntran under dessa något gråa och stressiga veckor.

Jag hoppas att biodiversitetstak blir ett vanligt förekommande begrepp och att fler människor än bara branschfolk får möjlighet att äga kännedom om, uppleva och uppskatta biodiversitetstak eller Biosolar Roofs. Slutligen, ut och upptäck humlevärlden!

Klara Asp, Malmö 27/3 2014

Sammanfattning

Urbanisering och förtätning leder till att habitat fragmenteras och att grönytor minskar, vilket gör det svårt att värna om den biologiska mångfalden. Ett exempel på grön infrastruktur är gröna tak som blir ett självklart val för att sammanfoga grönytor i en stad. Förutom flera privat- och samhällsekonomiska vinster, kan gröna tak bidra till att öka den biologiska mångfalden. Vegeterade tak består vanligen av prefabricerade mattor som har ett tunt substratdjup med en vegetation som främst består av *Sedum album* och mossor. För den biologiska mångfalden har dessa mattor ett lågt värde till skillnad från biodiversitetstak som hyser en mer varierad flora och fauna. Om grönytor i en stad består av mer blommande vegetation kan fler humlearter gynnas och skådas i en urban miljö. Urbaniseringen är en av orsakerna till varför humlor, *Bombus* spp., idag är färre till både art- och individantal. Humlan är en dominerande pollinerare i Sverige, både för vilda och kultiverade växter. Sällan installeras solpaneler och gröna tak tillsammans trots att de kan dra nytta av varandra. Solceller ger inte bara förnyelsebar elenergi utan skapar olika mikrohabitat på ett vegeterat tak. Vegetationen i sin tur sänker temperaturen genom avdunstning och förhindrar därmed att solcellernas effektivitet sätts ned. Kombinationen har av ett EU-projekt kommit att kallas för Biosolar Roofs. För att skapa en mångfald på ett grönt tak bör substratdjupen, substrat och näringsinnehåll varieras. Substraten kan bestå av sand, grus, krossat tegel, biokol, krossad betong, leca, sten och ytterst lite organiskt material. Substratdjupen kan varieras mellan 4-15 cm. Moduler som finns tillgängliga på marknaden underlättar installationen av ett Biosolar Roof. För att gynna humlor bör en flora som består av bland annat *Trifolium* spp., *Lotus corniculatus* och *Echium vulgare* sås in. Ett Biosolar Roof har hög potential för att gynna biodiversiteten vilket går hand i hand med Sveriges miljökvalitetsmål, Konventionen om biologisk mångfald samt EU:s strategi för biologisk mångfald fram till 2020.

Summary

Urbanisation and condensation of urban areas leads to fragmented habitats and reductions in green areas, which makes it hard to protect biodiversity. Green roofs are an example of green infrastructure and an obvious choice in order to connect green areas in an urban environment. Except several private- and socio-economic benefits, a green roof can support biodiversity. Vegetated roofs often consists of premade mats with thin substrate where mostly only *Sedum album* and mosses grow. For biodiversity these mats have a low value compared to a biodiverse roof which has a greater value. If green areas in an urban environment consists of more flowering vegetation, more bumblebee species can be supported and seen in the urban environment. Urbanisation is one reason to why Bumblebees, *Bombus* spp., are fewer in both species and numbers today. Bumblebees are very important pollinators in Sweden, for both wild and cultivated plants. Not often are solar panels and green roofs installed together, even though they can support each other. Solar panels do not only produce renewable energy, but can also create microhabitats on a green roof. The vegetation lowers the temperature by evapotranspiration which hinders the solar panels from losing in efficiency. The combination has gotten the name Biosolar Roofs from a European Union-project. To create a biodiverse roof the substrate depth, substrate and nutritional content should vary. The substrate can consist of sand, crushed bricks, biochar, crushed concrete, expanded clay and very little organic material. The substrate depth should vary from 4-15 cm. Modules that are available on the market simplify the installation of a Biosolar Roofs. To support bumblebees a mix of flowers that amongst others consists of *Trifolium* spp., *Lotus corniculatus* and *Echium vulgare* should be sown in. Biosolar Roofs have a high potential to support biodiversity which goes hand in hand with Sweden's Environmental Quality Objectives, the Convention of Biological Diversity and EU Biodiversity Strategy to 2020.

Innehållsförteckning

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	4
SUMMARY	5
INLEDNING	8
<i>Bakgrund</i>	8
<i>Biologisk mångfald - konventioner och strategier</i>	8
Grön infrastruktur	10
Svenska miljö kvalitetsmål	11
<i>Gröna tak</i>	12
MATERIAL OCH METODER	15
<i>Avgränsningar</i>	15
RESULTAT	16
<i>Humlor – Bombus spp.</i>	16
Föda	17
Populationsförändringar och förekomst	18
Urbanisering	18
Det förändrade jordbruket	18
Bevarande	19
Humlearter i södra Sverige	20
I urban miljö	20
<i>Biologisk mångfald på tak</i>	22
Fauna	22
Konstruktion	23
Substrat	23
Substratdjup	25
Bevattning	26
Sol/skugga	27
Etableringsmetoder	27
Vegetation	28
Växtförslag för biodiversitetstak med syfte att gynna humlor	30
<i>Solpaneler</i>	32

Konstruktion	32
Agrivoltaic	32
Solpaneler och gröna tak	33
DISKUSSION	35
<i>Biosolar Roofs</i>	36
Konstruktion	37
Kan ett Biosolar Roofs gynna humlor?	40
<i>Metoddiskussion</i>	42
<i>Slutsatser</i>	43
REFERENSLISTA	44
BILAGOR	50
<i>Bilaga 1</i>	50

Inledning

Bakgrund

Bakgrunden till detta kandidatarbete är ett EU-projekt med syfte att uppmuntra gröna tak-designer, installatörer och beställare till att skapa och installera multifunktionella tak. Dessa ”uppgraderade” gröna tak, som ska vara en plats för solpaneler, varierad flora och pollinatörer, har av projektgruppen fått termen *Biodiverse Solar Roofs*, eller förkortat *Biosolar Roofs*. EU-projektet är ett samarbete mellan partners från universitet, privata vuxenutbildningar, en landskapsarkitektbyrå och Scandinavian Green Roof Institute (SGRI). Projektet involverar deltagare från Ungern, Schweiz, Österrike, Frankrike, Spanien, Storbritannien och Sverige. Jag fick förmånen att medverka vid uppstartsmötet i Wien i januari i år genom min tidigare arbetsgivare SGRI. Än så länge är gröna tak i kombination med solpaneler mycket ovanligt i Sverige¹.

Syftet med denna uppsats är att undersöka hur Biosolar Roofs kan konstrueras för att vara en plats för både biologisk mångfald och förnyelsebar energi. Målet är att genom en litteraturstudie undersöka om och hur en varierad vegetation, som kan gynna humlor i den urbana miljön, kan byggas upp på ett tak där också solpaneler finns installerade.

Uppsatsens frågeställning är: *Hur bör ett extensivt grönt tak konstrueras för att gynna den biologiska mångfalden, särskilt humlor i den urbana miljön, där taket samtidigt ska vara en plats för solpaneler? Vilka för- och nackdelar kan finnas med kombinationen vegeterade tak och solceller?*

Biologisk mångfald - konventioner och strategier

Vad innebär biologisk mångfald eller biodiversitet? Väldigt enkelt kan det beskrivas som en variationsrikedom i naturen på gen-, art-, biotop-, landskaps- och processnivå (Centrum för biologisk mångfald, CBM 2010). Biologisk mångfald behövs för att öka ekosystemens

¹ Jonatan Malmberg, Intendent på Scandinavian Green Roof Institute, konversation 2014-03-25

resiliens, det vill säga motståndskraft mot förändringar och rubbningar i naturen (Bernes 2011). Ju större den biologiska mångfalden är, desto större chans har ekosystemen att kunna anpassa sig till nya förutsättningar.

Definitionen av ett ekosystem är ”ett ekologiskt system innefattande allt levande och dess livsmiljö inom ett område”². Området kan omfatta hela biosfären, en naturtyp eller en naturmiljö (Bernes 2011).

Samma år som Society for Conservation Biology grundades (1986) hölls en konferens om bevarandet av arternas mångfald vilken organiserades av ekologen Edward Wilson (Worster 1996). Det var också på 80-talet som begreppet biologisk mångfald började växa fram. Från miljörelsen hade ekologer tidigare framförallt diskuterat ekologi men ekosystemen ägnades lite uppmärksamhet (Worster 1996). Ekosystemen förser mänskligheten med en mängd tjänster och material vilket benämns som ekosystemtjänster. Den biologiska mångfalden stödjer ett flertal av de ekosystemtjänster som det mänskliga välbefinnandet är beroende av men biodiversiteten utarmas i snabb takt (Larigauderie et al. 2012).

Förenta Nationerna (FN) antog konventionen om biologisk mångfald (Convention on Biological Diversity, CBD) i Nairobi 1992 vilken öppnades för undertecknande vid FN:s miljökonferens i Rio de Janeiro samma år (Naturvårdsverket 2010). CBD innehöll då 42 artiklar och tre övergripande mål. 1993 ratificerade Sverige konventionen som ska verka för att bevara biologisk mångfald och att nyttjandet av naturresurser sker på ett hållbart sätt (Naturvårdsverket 2010). Vid styrgruppsmötet i Nagoya 2010 uppdaterades och reviderades den strategiska planen för biologisk mångfald (CBD Secretariat u.å). Genom effektiva och nödvändiga åtgärder ska förlusten av biodiversitet förhindras och resilienta ekosystem säkerställas. I linje med de internationella överenskommelserna var EU nödgade att ta fram en egen handlingsplan för att förhindra förlusten av biodiversitet (EU 2011). EU antog 2011 en ny långsiktig strategi om biologisk mångfald fram till 2020 som, till skillnad från 2006 EU Biodiversity Action Plan, inbegriper ekosystemtjänster och vikten av att bevara och restaurera dessa (EU 2011). Målet med den nya strategin är ”*Halting the loss of biodiversity and the*

² Ur Nationalencyklopedin: <http://www.ne.se/sok?q=ekosystem> [2014-02-20]

degradation of ecosystem services in the EU by 2020, and restoring them in so far as feasible, while stepping up the EU contribution to averting global biodiversity loss” (EU 2011 s. 6).

Strategin inbegriper sex mål:

1. Implementering av EU:s naturlagstiftning
2. Förbättra skydd och återskapande av ekosystem och ekosystemtjänster samt öka användningen av grön infrastruktur.
3. Ett mer hållbart skogs- och jordbruk
4. En mer hållbar fiskerinäring
5. Hårdare kontroller av invasiva främmande arter
6. Ökade EU-bidrag för att förhindra förlust av biologisk mångfald

Grön infrastruktur

De urbana områdena expanderar världen över och den största tillväxten förväntas ske i små till medelstora städer (Seto et al. 2013). Detta betyder att mer landområden kommer att krävas, dels för uppförandet av städer och dels för försörjning av stadsinvånarna då populationen ökar. Urbaniseringen tenderar att främst ske i områden där den biologiska mångfalden är rik, så som låglänta kustzoner (Seto et al. 2013). Då merparten av världens population bor i städer är staden en viktig aktör vad gäller CBD (Puppim de Oliveira et al. 2011). Ekonomiska aktiviteter och stadsinvånare är beroende av ekosystemtjänster och drar stora fördelar av den biologiska mångfalden. En av åtgärderna i mål nr. 2 är att gynna spridningen av grön infrastruktur inom EU, både i den urbana och rurala miljön (EU 2011). Genom incitament ska investeringar inom grön infrastruktur, som kan koppla samman den urbana och rurala miljön och grönområden däremellan, uppmuntras. I den urbana miljön finns plats för fler grönytor, gröna tak och gröna fasader (European commission 2010). I Europa definieras det urbana landskapet som en mänsklig tätbebyggelse där >50 % av arean är bebyggd och vars kringliggande områden har en bebyggd yta på 30-50 % och där fler än tio individer/hektar är bosatta (Seto et al. 2013).

Bland Europas länder är urbaniseringstrenden generellt stark för Sveriges del och Stockholm är en av de europeiska huvudstäderna som växer mest (Regeringskansliet 2014). De senaste 30 åren har 142 av Sveriges kommuner fått en ökad befolkning medan det motsatta förhållandet råder i 148 av landets kommuner (Antoni & Melander 2013). I de kommuner som har högst invånartillväxt har befolkningen nästintill fördubblats. I framtiden förväntas urbaniseringstrenden fortsätta och det är framför allt i Sveriges tre storstadsregioner som tillväxten kommer vara som störst (Antoni & Melander 2013).

Naturvårdsverket har på uppdrag av regeringen tagit fram rapporten "Förslag till hur en handlingsplan för grön infrastruktur kan tas fram på regional nivå" (Naturvårdsverket 2013). Naturvårdsverket definierar grön infrastruktur som *"ett verktyg för att uppnå positiva ekologiska, ekonomiska och sociala effekter genom naturliga/halvnaturliga lösningar"* (Naturvårdsverket 2013, s. 6). Målet med en grön infrastruktur är att bibehålla och skydda naturen och naturliga processer, stärka ekosystemtjänster och skapa sammanhängande strukturer i landskapet för att säkerställa arters och livsmiljöers överlevnad (Naturvårdsverket 2013) men även att skapa ett hållbart vatten- och landanvändande, gynna den sociala hälsan och stödja utvecklingen av grön ekonomi (European Commission 2012). Exempel på grön infrastruktur är restaurerade våtmarker, ekodukter över motorvägar och gröna tak. Genom att integrera grön infrastruktur i den fysiska planeringen går det att bättre bevara den biologiska mångfalden (Naturvårdsverket 2013) och minimera effekterna av urban utbredning (European Commission 2012).

Svenska miljö kvalitetsmål

För att kunna svara upp till de krav som ställdes genom CBD utarbetade svenska sektorsmyndigheter en aktionsplan och flera sektorsplaner vilka sedan ersattes med nationella miljö kvalitetsmål (Naturvårdsverket 2010). Idag har Sverige 16 miljö kvalitetsmål varav ett är "Ett rikt växt- och djurliv" vilket Sveriges Riksdag antog 2005 (Svenska miljömål 2012). I målet ingår preciseringen *"det finns en fungerande grön infrastruktur, som upprätthålls genom en kombination av skydd, återställande och hållbart nyttjande inom sektorer, så att fragmentering av populationer och livsmiljöer inte sker och den biologiska mångfalden i landskapet bevaras"* (Svenska miljömål 2012, s. 112). För att en god genetisk variation inom en art ska vara möjlig får inte arternas spridningsmöjligheter begränsas och detta kan

förhindras genom en ökad användning av grön infrastruktur (Svenska miljömål 2012). Få län i Sverige kommer att klara miljömålet ”Ett rikt växt- och djurliv” fram till 2020 (Naturvårdsverket u.å). För Skåne läns del beror detta på övergödning, intensivt jord- och skogsbruk samt exploatering. Dagens moderna jordbruk har exempelvis lett till en minskning av pollinatörer, bland annat humlor (Samnegård et al. 2011).

Ett annat av Sveriges miljökvalitetsmål är ”God bebyggd miljö” som syftar till säkerställa att natur- och grönområden finns i närhet till bebyggd miljö och är av god kvalitet (Svenska miljömål 2012). Bebyggelse ska vara hållbart utformade och utformning av infrastruktur ska anpassas till människors behov men också ta hänsyn till naturmiljö och verka för att minska klimatpåverkan. Det ska ske genom att skapa mer resurs- och energisnåla byggnader där förnyelsebara energikällor främst används (Svenska miljömål 2012). Förtätning och urbaniseringen kan ge vissa fördelar, exempelvis minskade transporter, men gör det svårt att värna om natur- och grönområden på grund av trycket på den tätortsnära naturen (Svenska miljömål 2012). I den urbana miljön har exempelvis ruderatmarker ett mycket diversifierat djurliv och de är också viktiga habitat men hotas i flera städer av exploatering (Bates et al. 2013). Inte heller målet ”God bebyggd miljö” kommer att uppnås för Skåne läns del, delvis på grund av att miljöfrågorna inte i tillräckligt stor skala har integrerats i den fysiska planeringen (Naturvårdsverket u.å).

Gröna tak

Gröna tak är en benämning på tak med växtmedium och vegetation (Bates et al. 2013). Historisk sett har det i Skandinavien anlagts grästak i flera århundranden med syftet att hålla inne värme vintertid (Dunnett & Kingsbury 2004). Traditionen med grästak spreds sedan vidare till USA och Kanada genom emigration. Dessa grästak behövde kontinuerlig skötsel som klippning och rensning av groende träd. En nackdel med grästak är att de kan vara lättantändliga då de har ett högt innehåll av organiskt material (Dunnett & Kingsbury 2004).

Gröna tak delas vanligtvis in i två kategorier: intensiva eller extensiva (Dunnett & Kingsbury 2004, Lorimer 2008, Molineux et al. 2009). Konstruktionen av extensiva tak har funnits i Tyskland i drygt 100 år (Köhler & Poll 2009). Vad som karakteriserar vardera kategorin är substratdjupet; ett tak anses intensivt om substratdjupet är >15 cm (Dunnett & Kingsbury

2004), andra hävdar att det bör vara större än 20 cm (Ishimatsu & Ito 2013). Ett intensivt grönt tak kan ha en vegetation bestående av träd, buskar, rabatter etcetera medan extensiva tak har en vegetation som består av sedum, mossor, örtartade växter och gräs (Lorimer 2008, Dunnett & Kingsbury 2004). Intensiva gröna tak har en högre vikt och är mer kostsamma att anlägga ett extensivt tak (Lorimer 2008) och kan komma att kräva lika mycket skötsel som en plantering vid gatunivå (Dunnett & Kingsbury 2004). Dunnett och Kingsbury (2004) benämner också två andra klassificeringar: semi-extensiva och semi-intensiva. Med semi-extensiva menas tjockare extensiva gröna tak och med semi-intensiva menas tunnare intensiva gröna tak. Då ett semi-extensivt tak har ett något djupare substrat (10-20 cm) tillåts en större variation av vegetation (Dunnett & Kingsbury 2004). Fetbladiga växter som *Sedum* spp. och *Phedimus* spp. är suckulenta plantor som är anpassade till torra klimatförhållanden (Emilsson 2008).

Det finns flera skäl till varför gröna tak anläggs: för att förbättra dagvattenhantering, sänka temperaturen i städer, förbättra isolering och därmed sänka energikonsumtionen, förbättra luftkvaliteten eller öka den biologiska mångfalden (Brenneisen 2004). Ett grönt tak kan höja livslängden på ett takmaterial då vegetationen skyddar mot UV-strålning (Liu 2006). Fluktuerande temperaturer kan få takmaterialet att krympa och expandera vilket ett grönt tak ger skydd emot. Ett vegeterat tak karaktäriseras av hög fuktstress, torka, mycket ljus, vind och temperaturintensitet (Madre et al. 2013).

Uppbyggnaden av ett grönt tak ser vanligtvis ut så här (Francis & Lorimer 2011, Kadas 2006):

1. Ett vattentätt skikt som skyddar taket mot väta
2. En rotbarriär för att förhindra att rötter tränger igenom det vattentäta skiktet
3. Ett dräneringslager som också kan fungera som vattenreservoar för plantorna
4. Ett filtermembran som förhindrar substratet från att förstöra dräneringslagret (vilket skulle minska substratnivån)
5. Substrat av varierande djup och material ofta ett oorganiskt substrat med mindre än 20 % organiskt material
6. Växtlighet som antingen kan planteras, sås eller kolonisera naturligt

Vanligt är att anlägga prefabricerade mattor med tunt substratdjup då dessa väger väldigt lite (Ishimatsu & Ito 2013, Molineux et al. 2009). De prefabricerade mattorna har sitt substrat och sin vegetation fixerat vid exempelvis geotextil eller plastnät (Emilsson & Rolf 2005). De är dyra men ger snabbt en täckande vegetation till skillnad från installation på plats. I Tyskland där mycket av utvecklingen av gröna tak har skett sker konstruktion på plats (Emilsson & Rolf 2005). Ett tunt substratdjup där väderförhållandena är relativt tuffa begränsar valet av vegetation och växtmaterialet består därför ofta av mycket *Sedum* spp. samt mossor (Ishimatsu & Ito 2013). För extensiva tak bör lutningen ligga på minst 2 grader (Lui 2006). När lutningen överstiger 5 grader rekommenderar Liu (2006) att ett vattenhållande substrat alternativt torktåliga plantor används.

Den tyska branschorganisationen Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) har utvecklat koncept och riktlinjer vad gäller konstruktion och installation av gröna tak (Emilsson & Rolf 2005).

Material och Metoder

Då arbetet är en litteraturstudie har material främst hämtats från vetenskapliga tidskrifter och till detta ändamål har i första hand databasen Web of Knowledge använts. Merparten av de artiklar som valts ut är peer reviewed. I undantagsfall har databasen Google Scholar använts, exempelvis för vissa proceedings och refererade artiklar (för primärkällor). Hos myndigheter och överstatliga organisationer har bakgrundsinformation samlats in. Fakta om humlor har hämtats dels ur vetenskapliga artiklar och dels från tryckt material som bedömts som trovärdiga källor. I första hand har alltför daterade artiklar valts bort. I vissa fall har detta varit omöjligt då det endast finns ett fåtal artiklar som behandlar kombinationen solpaneler och gröna tak. Sökningen påbörjades med begränsande sökord, vilket gav få träffar i databaserna, och efter hand blev sökningen mindre specifik.

Sökord har inkluderat *Bombus*, *Bumblebees and Sweden*, *Bombus urbanization*, *Bumblebees urbanisation*, *Green roofs*, *Green roofs bumble bees*, *Green roofs and pollinators*, *Dry meadow and bumble bees*, *Dry meadow and green roofs*, *Solar panels and green roofs*, *Photovoltaic and green roofs*, *photovoltaic and vegetation*, *Urban biodiversity*, *PV-panels*, *agrivoltaic*.

Avgränsningar

Jag har valt att avgränsa mig mot att endast studera humlor i södra Sverige (Götaland och delar av Svealand) som förekommer i urban miljö. En djupgående teknisk beskrivning av gröna tak har exkluderats, likaså detaljbeskrivningar av solpaneler. Arbetet har fokuserat på extensiva och semi-extensiva gröna tak.

Resultat

Humlor – Bombus spp.

Humlor *Bombus* spp. är ett släkte inom familjen Långtungebin som tillhör infraordningen Gaddsteklar, dit även myror och getingar hör (Holmström 2007), underordningen Midjesteklar, ordningen Steklar (Hymenoptera) i klassen Insekter (Söderström 2013). Humlor är relativt stora jämfört med andra bin och är främst anpassade till den tempererade klimatzonen (Söderström 2013). Vad som bland annat skiljer getingar och myror från bin och humlor är att de senare föder upp sina larver med pollen (Holmström 2007).

Humlor är antingen sociala humlor, vilka bygger samhällen, eller snylthumlor vilka tar över sociala humlors samhällen (Holmström 2007). I sociala samhällen finns en drottning, arbetare (sterila honor) och hanar medan det hos snylthumlor endast finns en drottning och hanar. Snylthumlorna har en eller ett par sociala humlearter som de snyltar på, och vaknar senare på säsongen efter vinterdvalan jämfört med sina sociala släktingar (Holmström 2007).

Det är enbart drottningar som överlever vintern och efter parning på hösten går de i ide (Mossberg & Cederberg 2012). Ungefär vid tidpunkten för sälgbloomingen letar sig de första humledrottningarna fram för att söka efter föda och lämpligt bo, exempelvis i övergivna sorkbon, lövhögar eller fågelholkar (Mossberg & Cederberg 2012). Arter som vaknar tidigt på säsongen är mörk jordhumla, hushumla och ängshumla (Söderström 2013). När drottningen har samlat tillräcklig mängd pollen lägger hon ägg. Fram tills att humlesamhället når sin maximala storlek produceras endast arbetare, sedan produceras hanar och nya drottningar (Söderström 2013). Hanarna lämnar sitt bo för gott för att söka efter föda och en drottning av para sig med (Jennersten et al. 1991). Till skillnad från hanarna består arbetarnas liv av att samla pollen och nektar till boet. Humlor är, tillsammans med andra vilda bin, en mycket viktig pollinatör för vilda och kultiverade växter (Ahrné et al. 2009, Holmström 2007) och är bland de mest dominerande pollinerarna i Sverige (Mossberg & Cederberg 2012). Under de senaste decennierna har humlor minskat till både art- och individantal till följd av urbanisering och en intensifiering av jordbruket (Ahrné et al. 2009, Goulson 2010).

Föda

Under hela sin livstid lever humlor av nektar och pollen (Söderström 2013). Nektar utgör en viktig energikälla för humlor och pollen är en källa till protein och behövs för larvtillväxten (Mossberg & Cederberg 2012). Samtidigt som nektarinsamling sker fastnar pollen i pälsen och i arbetarnas pollenkorg. Humlor har olika lång snabel och långtungade humlor är mer specialister i sin kost och väljer blommor med svåråtkomlig nektar (Mossberg & Cederberg 2012). Korttungade humlor, däribland *B. terrestris*, har ibland som strategi att bita sönder blommor för att på så sätt komma åt nektarn (Goulson et al. 2005a, Goulson & Darvill 2010).

Under våren är det tidigblommande buskar som vide och sälg som är främsta födobaser (Mossberg & Cederberg 2012). Släkten i Fabaceae-familjen är viktiga källor till pollen för många humlearter (Goulson et al. 2005a) vilket kan förklaras med att den typen av pollen ofta innehåller en hög andel essentiella aminosyror (Goulson 2010). Det är främst långtungebin som är specialiserade på att hämta pollen från Fabaceae (Goulson et al. 2005a). Att en reduktion av *Trifolium pratense* och *Lotus corniculatus* har skett på senare år kan vara en orsak till att arter vars huvudföda består av pollen från Fabaceae, också har minskat i antal.

Ericaceae-familjen är populär som pollenresurs vilket däremot inte Asteraceae-familjen är, som istället besöks för sin nektars skull (Goulson et al. 2005a). *Echium vulgare*, *T. pratense*, *Trifolium repens*, *Centaurea debauxii*, *Centaurea scabiosa*, *Cirsium vulgare*, *Erica cinerea*, *L. corniculatus* och *Cirsium arvense* besöktes frekvent för sin nektar, visade en studie genomförd av Goulson et al (2005a).

I koloniträdgårdar i och kring Stockholm var de mest besökta växtfamiljerna Lamiaceae, Asteraceae, Malvaceae, Boraginaceae och Fabaceae (Ahrné et al. 2009). *Origanum vulgare* var en populär växt och fanns i stort sett i alla koloniträdgårdar (Ahrné et al. 2009). Flera andra aromatiska plantor i Lamiaceae-familjen, förutom *O. vulgare*, som var populära födoresurser var *Nepeta cataria*, *Lavendula angustifolia* och *Salvia* spp. Ur Fabaceae-familjen var *T. pratense* och *Lupinus* spp. välbesökta (Ahrné 2008). Även en suckulent växt, *Sedum spurium* noterades för humlevisitation. I Haaland & Gyllins studie (2010) var *Centaurea* spp., *Knautia arvensis* och *Trifolium* spp de mest besökta blomsterarterna bland humlor i blomsterrensor. Carvell (2001) studerade foderpreferenser hos ett antal humlearter. De fem

mest populära foderväxter var i följande ordning *T. pratense*, *Odontites vernus*, *E. vulgare*, *Centaurea nigra*, och *L. coniculatus*. Generellt sett kan sägas att humlor verkar föredra perenner framför annueller (Carvell 2001, Goulson & Darvill 2010).

Populationsförändringar och förekomst

Urbanisering

Urbaniseringsprocesser leder till att grönytor ersätts med stora hårdgjorda ytor vilket förstör och fragmenterar naturliga habitat (Ahrné et al. 2009). Strandängar och torrängar, som är viktiga platser för humlor, hotas förutom att exploateras, även att växa igen (Söderström 2013). Att öppna sandmarker exploaterats är en orsak till att många gaddsteklar minskat i antal (Cederberg et al. 2010). Flera studier visar att bibestånden generellt sett är lägre i urbana områden än i närliggande vildare habitat (Ahrné 2008). Artrikedomen bland humlor minskade med ökande urbanisering, vilket kvantifierades av ogenomträngliga ytor i landskapet procentuellt sett. Att enbart fokusera på artrikedomen utan att äga kännedom om vilka arter som förekommer kan dock vara missvisande enligt Ahrné (2008). Parker med hög andel vildväxande vegetation och trädgårdar i förorter har visat sig ha högre förekomst av vissa humlearter än mer rurala delar (Goulson 2010). Koloniträdgårdar i urbana områden kan vara en viktig refug för ett flertal humlearter och vilka arter som kan förekomma influeras av hur de kringliggande urbana landskapen ser ut, till exempel hur riklig den blommande vegetationen är (Ahrné et al. 2009). I rurala koloniområden i norra Stockholm förekom en rikare mångfald bland humlearter jämfört med urbana koloniområden i Stockholms innerstad (Ahrné et al. 2009).

Det förändrade jordbruket

Flera studier som Goulson et al (2005a) tagit del av visar på en nedgång hos humlearter under de senaste decennierna. Tre av 25 kända arter i Storbritannien verkar ha försvunnit helt (Goulson et al. 2005a). Det intensiva jordbruket har haft negativ påverkan på humlesamhället genom att användandet av kemiska bekämpningsmedel har ökat (Goulson 2010). Medlen har medfört att arbetarhumlor har haft svårigheter att lokalisera boet. En reduktion i lusern- och klöverbollar, att rödklöver skördas innan blomning samt att blomsterremсор längs med

väggkanterna försvunnit är andra bidragande orsaker till färre arter och individer (Mossberg & Cederberg 2012). Det är främst de humlearter med lång tunga som har minskat i bestånd vilket kan bero på en reduktion i blomsterrika grässlätter (Goulson et al. 2005a). Humlearter med kort tunga är igång tidigt på säsongen och har ett mer varierat utbud av föda. För det ekologiska jordbruket är humlor en förutsättning då de pollinerar kvävebindande baljväxter och är på så sätt en del av kvävet kretslopp (Mossberg & Cederberg 2012).

Bevarande

Kontinuerligt blommande näringsväxter under sommarmånaderna krävs för humlornas reproduktion (Mossberg & Cederberg 2012). För att öka mångfalden bland humlor är det lättast att arbeta i riktning mot att öka blomrikedomen. I maj- juli är humlornas tillväxtperiod hög och då är det extra viktigt att det finns gott om föda (Mossberg & Cederberg 2012). Om den urbana miljön ska kunna gynna fler humlesamhällen behövs mer blomresurser i form av fler rabatter, mer grönytor och fler kolonilotter för att nämna några exempel (Mossberg & Cederberg 2012). Goulson et al (2005b) undersökte arter och förekomst på ett flertal platser i södra och centrala Storbritannien. Studien visade att humlor generellt sett inte är bundna till specifika biotoper utan förekommer i många biotoper och att det är biotoperna i sig som är ovanliga. I en stad är det viktigt att tänka på att skapa varierande grönytor och att koppla ihop dessa, om meningen är att gynna humlor (Goulson et al. 2005b). Flera trädgårdsväxter är framavlade vilket gör att de ibland saknar åtkomlig nektar eller att de är sterila F1-hybrider utan pollen (Goulson & Darvill 2010). Oskötta blomsterrika grässlätter tillhör de viktigaste habitaterna för humlor och för att gynna ett flertal arter räcker det med ett fåtal väl utvalda plantor (Goulson & Darvill 2010). I Ahrné (2008) avhandling förekom humlor i högre andel i koloniträdgårdar än i stadsparker och på kyrkogårdar. I de koloniträdgårdar där humlebestånden var många var koloniträdgårdarna blomsterrika och saknade tillhörande stuga. Det kan, enligt Ahrné, bero på att kolonilotterna med stuga var mer välskötta än kolonilotterna utan hus (2008). Beträdor runt åkrar kan gynna humlor i högre utsträckning om det sås in mer vildflora alternativt anläggs blomsterremsor längs med åkerkanterna (Haaland & Gyllin 2010).

Humlearter i södra Sverige

I Sverige finns 40 kända humlearter (Mossberg & Cederberg 2012, Söderström 2013), se Bilaga 1 för humlearter i södra Sverige. Stäpphumla och frukthumla räknas som nationellt utdöda enligt Rödlistan (Cederberg et al. 2010). Osäkerhet råder vad gäller fälthumla och sandhumla som enligt Rödlistan är akut respektive starkt hotad, men som enligt andra källor troligtvis är nationellt utdöda (Söderström 2013, Mossberg & Cederberg 2012). Fälthumlan förekom tidigare i Skåne län och i urban miljö (Cederberg et al. 2010). De övriga två rödlistade arterna är klöverhumla och mosshumla. Flera *Bombus*-arter tillkom till Rödlistan 2000 jämfört med Rödlistan 1993 (Cederberg 2000). Förutom exploatering och ett intensifierat jordbruk kan stark sommartorka vara en orsak till många arters utdöenden (Cederberg et al. 2010). Detta till följd av att nödvändiga växtnäringsämnen inte kan ge den mängd pollen som önskas.

I urban miljö

I den urbana miljön förekommer vanligen hushumla, stenumla och mörk jordhumla (Mossberg & Cederberg 2012). Vid riklig tillgång på föda kan även ljus jordhumla, ängshumla, åkerhumla och trädgårdshumla ses i mer bebyggd miljö. Den urbana miljön sägs också vara en viktig landskapstyp för den rödlistade mosshumlan (ArtDatabanken 2010).

Tabell 1 Visar vilka humlor som förekommer/kan förekomma i urban miljö i södra Sverige (Mossberg & Cederberg 2012, Holmström 2007, Söderström 2013)

Namn	Förekomst	Status
Mörk jordhumla <i>B. terrestris</i> (Kort tunga)	Tätortsnära miljöer	Vanlig
Ljus jordhumla <i>B. lucorum</i> (Kort tunga)	Skogsmark, skogshyggen, parker, nästan alla typer av miljöer	Vanlig
Stenhumla <i>B. lapidarius</i> (Kort tunga)	Odlingsbygd, urban miljö, havsstränder	Vanlig
Hushumla <i>B. hypnorum</i>	Parker, trädgårdar, i anslutning till bebyggelse	Vanlig
Åkerhumla <i>B. pascuorum</i>	Trädgårdar, skogsbiotop, parker, gräsmarker,	Vanlig, utbredd
Ängshumla <i>B. pratorum</i>	Skogsmiljö, ängsmark, trädgårdar	Vanlig
Trädgårdshumla <i>B. hortorum</i>	Skogsmarker, trädgårdar, parker	Vanlig
Mosshumla <i>B. muscorum</i>	Kustnära områden, kalkrika gräs- ängs- och hedmarker, urban miljö	Sårbar, lokala förekomster i Skåne

I Carvells studie (2001) ingick flera av de humlearter som nämns ovan. De uppvisade både lika och olika foderpreferenser där korttungade arter besökte blommor med kort krona (Carvell 2001).

✚ *B. hortorum* besökte mest: *Echium vulgare*, *Trifolium pratense*, *Stachys officinalis*, *Vicia cracca*, *Centaurea scabiosa* och *Rhinanthus minor*.

✚ *B. lucorum* föredrog: *Centaurea nigra*, *Odontites vernus*, *T. pratense*, *E. vulgare*, *Knautia arvensis* och *Melilotus ultissimus*.

✚ *B. terrestris* besökte *C. nigra*, *E. vulgare*, *O. vernus* och *T. pratense*.

✚ *B. lapidarius* besökte mest *C. nigra*, *E. vulgare*, *L. corniculatus*, *O. vernus*, *T. pratense*.

Biologisk mångfald på tak

Extensiva tak är inte gjorda för mänsklig användning och kan därför lämnas ostörda för fåglar, insekter och växtlighet (Dunnett & Kingsbury 2004). Uniforma extensiva tak med dominerande vegetation bestående av suckulenter, så som olika *Sedum*- och *Phedimus*-arter, har begränsat värde för biodiversiteten, vad gäller flora, då få arter etablerar sig spontant (Emilsson 2008). *Bruna tak* eller *biodiversitetstak* är en benämning på tak som anlagts för att gynna djurlivet (Dunnett & Kingsbury 2004). Dessa är billigare att anlägga än extensiva gräsmattetak och underhållskostnaden är lägre än hos sedummattetak (Ishimatsu & Ito 2013).

Fauna

Kadas (2010) har i sin doktorsavhandling undersökt förekomsten av insekter och spindeldjur på biodiversitetstak, sedumtak och ruderatmarker. Sedumtaken hade en hög förekomst av evertetrater vid etableringsfasen jämfört med biodiversitetstaken. Efter ett par år fanns det en mångfald av evertetrater på biodiversitetstaken till skillnad från de tunna vegeterade taken där få arter klarade av att leva. Det kan ta tre- fyra år innan det finns en rik koloni av insekter och spindeldjur på ett biodiversitetstak (Kadas 2010). De arter som förekom i den miljön var ungefär samma arter som samlades in vid de undersökta ruderatmarkerna, vilket inte gällde sedumtaken i lika hög utsträckning. Ett par ovanliga och hotade gaddstekelararter, som vanligtvis är begränsade till ruderatliknande marker, fångades in på de vegeterade taken (Kadas 2006). Det ska nämnas att bestånden av gaddsteklar var svårbedömt då insamlingstekniken inte var optimal. Gaddsteklar fanns i högre utsträckning på de tak där död ved och sandbankar fanns tillgängligt.

Ksiazek et al (2012) undersökte förekomsten av bin på gröna tak i Chicago för att bedöma påverkan på takvegetationens frösättning och om pollenbrist är vanligt. Försöket visade att trots lägre förekomst av bin på gröna tak jämfört med marknivå påverkades plantornas frösättning inte negativt. Detta kan bero på att de pollinerande arterna som infångades på taken var tillräckliga i antal för detta syfte (Ksiazek et al. 2012). Frösättningen var istället nedsatt där bin förekom i högre skala vid marknivå. Av humlor och andra stora bin var andelen på taken 21 % jämfört med 32 % vid marknivå (Ksiazek et al. 2012).

En liknande studie genomfördes också den i Chicago av Tonietto et al (2011). I försöket studerades förekomsten av bin och humlor på gröna tak, i stadsparkar och i prärielandskap. De inhemska bina som samlades in på taken var färre till både art och antal, jämfört med de andra två landskapstyperna. Att det i stadsparkerna förekom en rikare mångfald av humlearter och individer kan förklaras med att parkerna hyste en variation av prärievägetation. Av de sex växterade tak som ingick i studien var fyra sedumtak och två biodiversitetstak där vägetationen var varierad och rik på lokal flora. De senare taken hade en högre förekomst av bin och humlor jämfört med sedumtaken, vilket ansågs bero på blomrikedomen (Tonietto et al. 2011). En lokal variationsrik flora kan gynna och öka förekomsten hos bin, särskilt om floran har en blomningssäsong som sträcker sig från maj- oktober (Tonietto et al. 2011). Ett flertal av bina som fångades in från taken var markbyggare och jämfört med gråa tak kan gröna tak därför ha ett högt habitatvärde (Tonietto et al. 2011).

På intensiva tak där vägetationen var varierande och bestod av mossor, sedum, örter och buskar var andelen skalbaggar, steklar och spindlar hög jämfört med extensiva tak med enbart sedum och mossor (Madre et al. 2013). Trots en något mindre varierad men ändå diversifierad flora kan extensiva biodiversitetstak vara ett gott komplement till intensiva takträdgårdar, vilka kan vara svåra att anlägga på grund av deras sammanlagda tyngd (Madre et al 2013).

Konstruktion

Substrat

Ett biologiskt diversifierat tak kan skapas genom att använda olika substrat eller genom att skapa ytor där dräneringen inte är optimal (Brenneisen 2006). Kolonisering av växtarter sker långsammare om ett mer näringsfattigt substrat väljs; därmed förhindras att en art kan komma att dominera växtplatsen (Kadas 2010). För mycket organiskt material i substratet kan reducera plantmångfalden då gräsarter vanligen konkurrerar ut örter. Om meningen med taket är att efterlikna en ruderalmark så är det gynnsamt om det exempelvis går att ta det översta jordlagret från en sådan plats till själva taket (Kadas 2010). Substratet bör ha följande egenskaper enligt Nagase & Dunnett (2011): god vattenhållande förmåga, goda dräneringsegenskaper, porer för syre och andra gasutbyten, god ankringsförmåga för växterna samt ge ett visst näringsutbyte och vara lättviktigt. Mineraler som kan vara fördelaktiga att

använda är bland annat sand, leca, expanderad skiffer, krossat tegel, krossade takpannor (Nagase & Dunnett 2011). Kadas rekommenderar likaså sand och krossat tegel och nämner även att krossad betong och grus kan fungera bra som växtmedium (2006).

Substratets vattenhållande kapacitet beror på dess komponenter och partikelstorlek (Carrillo et al. 2012). Vid hög andel av stora partiklar och låg total porvolym minskar den vattenhållande kapaciteten medan fina mineralpartiklar eller organiskt material ökar retentionsförmågan. Den vattenhållande förmågan kan öka om biokol blandas in i substratet (Beck et al. 2011). Urlakningen av kväve och fosfor minskade och retentionen ökade när 7 % biokol mixades in i ett 15 cm djupt substrat (Beck et al. 2011). Carrillo et al (2012) testade ett flertal material som substratalternativ efter FLL:s riktlinjer där parametrar som vattenhållande förmåga, pH-värde, salthalt och organiskt materielinnehåll mättes. Av de testade substraten uppfyllde få FLL-standard men krossat tegel med kompost och substrat med lava, pimpsten och zeolit kan fungera som växtmedium.

I Emilsson & Rolfs försök (2005) användes tre olika typer av substrat: två blandade efter FLL-standard (lera, kalkkross, krossat tegel, sand och organiskt material) där det ena substratet innehöll en högre andel organiskt material och en lägre andel tegel (substrat B). Det tredje substratet levererades av branschföretaget VegTech och bestod av en naturlig jordmix uppblandat med lava, leca, organiskt material och lera (oklara proportioner). Det höga innehållet av organiskt materialet i substrat B bröts ner på ett år och ett substrat bör därför innehålla väldigt lite kompost (Emilsson & Rolf 2005).

Nagase & Dunnett (2011) testade substrat med varierande innehåll av organiskt material (0, 10, 25, 50 – volymprocent). I övrigt bestod substraten av Zinco Sedum Green roof substrate med mindre än 4 % organiskt material och krossat tegel som bas (Nagase & Dunnett 2011). Bäst frodighet gav den mest bevattnade ytan som också hade det högsta innehållet av organiskt material. Vid torka eller andra ogynnsamma väderförhållande kan växter som har hög transpirationshastighet komma att lida av torkstress och högt kompostinnehåll är olämpligt av den anledningen. Skötselbehovet minskar också vid en mindre mängd organiskt material. Genom att välja ett substrat som producerar torktåliga plantor kan växtligheten bättre klara av de klimatfaktorer som råder på ett tak (Nagase & Dunnett 2011). I försöket ansågs substratet med 10 % organiskt innehåll vara det optimala. Max 10 % organiskt

material rekommenderas av Kadas (2010) och Beck et al (2011). En naturlig ökning av organiskt material sker med tiden genom nedbrytning och plantförnyelse (Nagase & Dunnett 2011).

MacIvor et al (2013) testade ett flertal moduler med olika mängd organiskt innehåll mot FLL-standardjord. Modulerna med högt organiskt material hade en mer täckande vegetation än FLL-baserade moduler men växtligheten var då mindre resistent mot torka. Då FLL-standarden är utformade för europeiska förhållanden kan det vara möjligt att extensiva tak i Nordamerika bör innehålla mer organiskt material (MacIvor et al. 2013). Där substraten var som minst finfördelat var artrikedom större vilket kan ha berott på att substratet innehöll tegelstenskross som har god förmåga att hålla växttillgängligt vatten.

Substratdjup

För att maximera den biologiska mångfalden på ett vegeterat tak är det viktigt att skapa variationer, exempelvis genom att bygga upp små kullar eller öppna stenytor (Brenneisen 2006). Ett mosaiklandskap med varierande substratdjup kan hysa en mer diversifierad flora (Kadas 2010, Brenneisen 2006) och substratdjupet bör variera mellan 5-15 cm (Kadas 2010). Det kan också vara fördelaktigt att variera partikelstorleken och näringsinnehållet på substraten (Bates et al. 2013). Då det är lättvikts substrat som används behövs taken ofta inte förstärkas för att tåla en extra vikt (Dunnett & Nolan 2004). Köhler & Poll rekommenderar >12 cm djupt substrat för att uppnå full potential för den urban-ekologiska funktionen hos ett grönt tak (2009). Med mikrotopografi kan taken utformas så att spontan etablering lättare kan ske (Emilsson 2008).

Olly et al. (2011) jämförde vegetationsrikedomen hos två substratdjup på tak - 10 och 15 cm - och 15 cm substratdjup på bar mark. Författarna märkte en vegetationsskillnad mellan de två olika substratdjupen på taken men den största skillnaden sågs mellan mark- och taknivå (Olly et al. 2011). På marknivå var vegetationstäcket mer täckt, något artrikare med högre växande plantor jämfört med de båda testytorna på taken (Olly et al. 2011). Den maximala höjden på plantorna var 60 cm vid 15 cm substratdjup på tak jämfört med 80-90 cm på marknivå. *S. acre* var en av de insådda arter som inte gagnades av ökade substratdjup (Olly et al. 2011). Då

antalet arter är färre på tak än vid marknivå kan fröbanken med tiden komma att urlakas (Olly et al. 2011).

I Dunnett et als femåriga studie (2008) jämfördes substratdjupets betydelse för vegetationsrikedomen på lång sikt. Testytorna hade 10 eller 20 cm substratdjup och vissa ytor bevattnades. 15 örtartade (torktåliga och estetiskt tilltalande) organi och perenner såddes in. All taxa överlevde den femåriga studien men vissa arter minskade i antal och andra ökade. Artrikedomen minskade i båda substratdjupen men reduktionen var störst i ytorna med 10 cm substratdjup (Dunnett et al. 2008). Vid 20 cm fanns en tätare vegetation som tenderade att vara signifikant högre och mer blommande än vid 10 cm. Bland de som kan vara intressanta som foder för humlor ingick *Origanum laevigatum* i studien. Substratdjupet gav ingen signifikant skillnad för *O. laevigatum* (Dunnett et al. 2008).

Bevattning

Vatten förs bort från ett vegeterat tak via transpiration, evaporation eller avrinning och mängden som förs bort beror på lufttemperatur, solinstrålning, vind och av det gröna taksystemet självt (Köhler 2006). Artrikedomen hos växtligheten kan ökas med lite skötsel och extra bevattning vid torra förhållanden (Köhler 2006). Dunnet & Nolan (2004) fann däremot att det inte är nödvändigt med bevattning om substratet är lite tjockare. Om plantmixen är diversifierad klarar vegetationen de torra abiotiska förhållandena bättre än vad en monokultur gör (Nagase & Dunnett 2010). Kombinationer med växter från olika växtfamiljer tävlar inte om samma resurser som plantor från samma familj vilket är en fördel.

I Nagase & Dunnetts studie (2010) ingick 12 arter från tre grupper: gräs, örter och sedum. Ur gruppen örter undersöktes *O. vulgare*, *Prunella vulgaris*, *Armeria maritima* och *Silene uniflora* (Nagase & Dunnett 2010). Bevattning gavs varje, varannan eller var tredje vecka. Växterna planterades antingen i monokulturer, med en växt ur vardera gruppen eller med samtliga plantor. *O. vulgare* var positivt påverkad av att planteras bland en mångfald av växter. Efter tre veckors torka var det enbart *O. vulgare* bland örterna som inte återhämtade sig (Nagase & Dunnett 2010). Författarna drog slutsatsen att bevattning kan vara önskvärt om det råder torka längre än tre veckor. Plantorna var av något mindre exemplar än vad som vanligtvis planteras på ett vegeterat tak och resultatet kan därför sägas motsvara en

etableringsfas (Nagase & Dunnett 2010). Mikroklimatet, substratets tjocklek och typ av substrat är faktorer som spelar in vid val av bevattningsstrategi. Ett annat försök av Nagase & Dunnett (2012) visade att en ängsvegetation på tak med ett 7 cm tjock substrat klarade sig utan bevattning. De årliga örterna blommade från juni-oktober men plantorna var något lägre jämfört med de som bevattnats.

MacIvor et al. (2013) fann i sin studie att torka var den huvudsakliga limiterande faktorn för plantdiversitet. Kompletterande bevattning gav en signifikant skillnad vad gäller artrikedom. Efter två år hade moduler utan bevattning minst täckande vegetation men kompletterande bevattning gav ingen signifikant effekt på mängden biomassa ovan jord (MacIvor et al. 2013). Även Bates et al (2013) noterade i sin studie att perenner på biodiversitetstak var starkt påverkade av mängden växttillgängligt vatten.

Sol/skugga

Genom variationer av sol och skugga går det att gynna en mer diversifierad flora (Köhler 2006). Läskydd och skugga reducerar evapotranspirationshastigheten och stora bitar av trä eller stenar kan förhindra vattenavdunstning och ha en positiv effekt på vegetationsmångfalden (Bates et al. 2013).

Etableringsmetoder

Prefabricerade mattor har en hög andel täckande vegetation vid installation jämfört med en installation på plats där pluggplantor planteras eller sticklingar strös ut (Emilsson & Rolf 2005). Den fördelen minskar med tiden och mattor kan vara dubbelt så dyra att anlägga jämfört med anläggning på plats (Emilsson 2008). Det kan dröja minst ett år innan ett tak som anlagts på plats får en täckande vegetation (Emilsson & Rolf 2005). Vid Emilssons försök (2008) var det efter två år ingen signifikant skillnad mellan prefabricerade mattor och installation på plats vad gäller andel täckande vegetation och mängd biomassa. På det 4 cm tjocka substratet var *S. album* den dominerande växten följt av *S. acre* som dock hade minskat drastiskt efter två år (Emilsson 2008). Emilsson & Rolf såg ingen signifikant skillnad i etablering mellan pluggplantor och sticklingar men fåglar var förtjusta i pluggplantorna vilket kan ha påverkat resultatet (2005). De sticklingsströdda modulerna hade en något högre förekomst av mossor.

Vid sådd av frön är det fördelaktigt om det finns möjlighet till bevattning (Nagase & Dunnett 2012). Om inte, kan det vara nödvändigt att så in en större mängd frön för att säkra en god uppkomst av vegetation. I deras studie såddes antingen 2 g frön/m² eller 4 g frön/m². Finns det möjlighet att sätta in bevattning är det fördelaktigt att så in en mindre mängd frön (Nagase & Dunnett 2012). Då gräs med tiden kommer att kolonisera växtplatsen naturligt behöver inte gräsfrön tas med i såblandningen (Kadas 2006). Om substrat delvis tas från en ruderatmark kan den innehålla en stor fröbank.

Vegetation

Bates et al (2013) undersökte vegetationsutvecklingen över fyra år på två biodiversitetstak i Birmingham. Taken var konstruerade så att mikrohabitat hade skapats genom variationer av substratdjup, substrat, partikelstorlek och olika innehåll av organiskt material. Den ena taket hade ett något djupare substrat (6-12 cm jämfört med 4-10 cm) och var delvis skuggat vilket kan vara en orsak till att floran där var mer rik och varierande (Bates et al. 2013). Det första året var artrikedomen som störst. Många arter återkom flera år i rad. I den grövre partikelstorleken var variationen av vegetation som störst vid försökets slut. Över tiden kom *Sedum* spp och mossor att dominera som vegetation, men även flera örter trivdes. Bland dessa kan nämnas perennerna *Leucanthemum vulgare*, *L. corniculatus* och *T. arvense* som var av stort värde för vegetationstäcket på båda taken (Bates et al 2013). *P. rhoeas* och *P. dubium* förekom rikligt det första året men försvann sen för att återkomma några år efter. *Viola tricolor* var en vanligt förekommande planta. Den mest limiterande faktorn för vegetationen var vattenbrist (Bates et al. 2013). Författarna noterade att *T. arvense* var mer torktålig än *L. corniculatus* och att *E. vulgare* trivdes i de grövre substraten. *C. cyanus* och *O. vulgare* var några av de insådda arter som förekom i viss skala (Bates et al 2013). *T. pratense* och två andra *Trifolium*-arter trivdes bra där kompostinnehållet var något högre (3 %).

Annuella ängsväxter kan ha en stor variationsrikedom och klara av de hårda klimatförhållanden som råder på ett extensivt tak, genom anpassningar till de korta växtsäsonger som existerar i stäpp- och ökenregioner (Nagase & Dunnett 2012). Frön kan ligga vilande om yttre förhållande inte är gynnsamma för groning. Ängsväxter, både annuella, bienna och perenna, har en lång blomsäsong som gynnar bin och fjärilar (Kadas 2006). Sex annueller som Nagase & Dunnett (2012) anser ha hög potential för extensiva gröna tak är

Alyssum maritimum, *Echium plantagineum* "Blue bedder", *Gypsophila muralis*, *Iberis amara*, *Iberis umbellata* 'Fairy', *Linaria elegans* och *Linaria maroccana*. Arterna har relativt låg höjd vilket medför att de kan tåla stark vind bra. I sin undersökning märkte författarna att humlor drogs till platsen, tack vare de rikligt blommande testytorna och framför allt till *E. plantagineum* "Blue bedder" och *Linaria* spp (2012). *Sedum* spp som gynnas av tunt substrat (Emilsson & Rolf 2005) innehåller nektar och pollen men blommar inte längre än fyra veckor och har därför ett limiterat värde för pollinerare (Kadas 2010). Kotsiris et al (2012) undersökte om *L. angustifolia* kan ha potential som takväxt i ett medelhavsklimat. Tillväxt och tolerans mot värme förbättrades när substratdjupet ökade från 20 till 30 cm.

Köhler & Poll (2009) studerade i sin långtidsstudie två åldrade, 100 respektive 30 år, extensiva tak i Berlin. Det hundraåriga takets substrat bestod av en sandig jord medan det yngre taket bestod av ett mer artificiellt lättviktssubstrat med innehåll av leca. Det senare taket hade planterats vid anläggningen och höll en högre vegetationsrikedom jämfört med det äldre taket, där vegetationen mest bestod av gräs och *S. acre*. Många *Trifolium*-arter och *Taraxacum officinale* trivdes på det mer moderna taket (Köhler & Poll 2009). Ärtväxten *Medicago lupulina* förekom i hög utsträckning på det yngre taket. En annan vanligt förekommande växt var *Allium schoenoprasum* (Köhler & Poll 2009). Kadas (2010) rekommenderar att vegetationen klipps ned efter avslutad blomning (Kadas 2010).

Växtförslag för biodiversitetstak med syfte att gynna humlor

Utifrån litteraturen om humlors födopreferenser och vilka växter som visat sig trivas på vegeterade tak, följer nedan ett förslag på inhemska växter som kan vara lämpliga för dessa ändamål.

Tabell 2 Potentiella gröna takväxter som även kan vara av värde som födoresurser för humlor. Fakta är hämtad ur Mossberg & Stenberg (2010)

Namn	Familj	Förekomst	Blommar	Övrigt
Blåeld, <i>E. vulgare</i>	Boraginaceae	Torr, kalkhaltig öppen stenig mark	Juni-juli	20-90 cm, bienn
Gul fetknopp <i>S. acre</i>	Crassulaceae	Torr, stenig, sandig öppen mark, krypande, täta mattor	Juni-juli	3-12 cm, perenn
Vit fetknopp, <i>S. album</i>	Crassulaceae	Solöppen, torr mark, kalkhaltig	Juni-aug	5-15 cm, perenn
Käringtand, <i>L. corniculatus</i>	Fabaceae	Torr-frisk mager sandig mark, ruderatmark	Juni-aug	10-40 cm, perenn
Harklöver <i>T. arvense</i>	Fabaceae	Torr, öppen mager sand- och grusmark	Juni-aug	5-30 cm, annuell
Kungsmynta <i>O. vulgare</i>	Lamiaceae	Torr, solvarm, kalkhaltig mark	Juli-sep	20-80 cm, perenn
Kornvallmo <i>P. rhoeas</i>	Papaveraceae	Torr, öppen, näringsrik minderaljord, ruderatmark	Juni-aug	40-100 cm, annuell
Rågvallmo <i>P. dubium</i>	Papaveraceae	Öppen, näringsrik mineraljord.	Juni-aug	20-70 cm, annuell
Blåklint <i>C. cyanus</i>	Asteraceae	Öppen, lätt, näringsrik sandjord	Juni-sep	20-80 cm, annuell
Vitklöver <i>T. repens</i>	Fabaceae	Öppen, frisk-fuktig mark, strandäng, ruderatmark	Juni-sep	10-30 cm, perenn

Gulsporre, <i>Linaria vulgaris</i>	Schophulariaceae	Torr, öppen sand- eller grusmark	Juli-sep	20-70 cm, perenn
Humlelusern, <i>M. lupulina</i>	Fabaceae	Vanlig på öppen, torr något näringsrik grus- och lermark	Maj-sep	5-40 cm, bienn
Åkervädd, <i>K. arvense</i>	Dipsacaceae	Torr- frisk, väl-dränerad, sandig mark	Juni-aug	30-80 cm, perenn
Ogräsmaskros, <i>Taraxacum</i> sektion <i>Ruderalia</i>	Asteraceae	Ruderat- och gräsmarker	Maj-aug	10-50 cm, perenn, fullständig information saknas
Gräslök, <i>A. schoenoprasum</i>	Alliaceae	Ödetomter, tippor, näringsrik mark	Juni-juli	10-30 cm, perenn
Lavendel, <i>Lavandula angustifolia</i>	Lamiaceae		Juli-aug	20-60 cm, perenn, vedartad
Brunört, <i>Prunella vulgaris</i>	Lamiaceae	Öppen, fuktig-frisk humusrik mark	Juli-aug	5-25 cm, perenn

Två *Linaria* spp trivdes på det gröna taket vid Nagase & Dunnetts försök (2012) men dessa finns inte vilda i Norden (Mossberg & Stenberg 2010). Däremot finns släktingen *Linaria vulgaris* i den nordiska naturen. *A. schoenoprasum* är en nektarplanta som kan ha värde för humlor (Johnson et al. 2003) likaså *P. vulgaris* (Duffy & Stout 2008) och maskros (Lázaro & Totland 2010).

Solpaneler

Solceller (eller solpaneler) producerar under driftsfasen inga emissioner till luften (Meral & Dinçer 2011) och den elenergi som genereras överstiger energiförbrukningen för produktionen av solceller (Molander et al. 2010). Solpaneler har låg skötselkostnad och lång livslängd, där effektiviteten påverkas av solinstrålning, temperatur och damm eller smuts (Meral & Dinçer 2011, Singh 2013, Köhler et al. 2007). Skugga, höga temperaturer och felaktig positionering är faktorer som sätter ned effektiviteten. För att motverka detta kan solcellsytan kylas (Meral & Dinçer 2011). På grund av nordligt läge är solinstrålningen låg i Sverige och solelproduktionen är mycket liten; <0.1 % av den totala svenska elproduktionen (Molander et al. 2010). Än är kostnaden hög och effektiviteten relativt låg så solceller kan inte helt ersätta annan elenergiframställning (Singh 2013).

Konstruktion

Solceller monteras på antingen lutande eller relativt platta tak, helst i sluttning med sydlig riktning i soligt läge (Liu 2006). Antingen fästs solcellerna på fasta ramar, i plan med taket eller på spårningssystem som följer solens rörelse (Köhler et al. 2007). De senare ger en maximal elproduktion men är kostsamt (Singh 2013). Beslagen som håller solpanelerna på plats bör vara resistent mot värmeexpansion och mot vind; vindbelastningen är som störst vid hörn och kanter (Liu 2006). Baserat på latitud, lokalt klimat, instrålningsförhållanden och energikrav finns metoder för att beräkna den optimala lutningen (Norton et al. 2011).

Agrivoltaic

Agrivoltaic är en benämning på ett system där solceller monteras på friland. Istället för att odla energigrödor till biobränsle optimeras landanvändning genom att framställningen av både energi och matgrödor möjliggörs (Dupraz et al. 2011). Solceller ger en viss ljusreducering för grödornas del men halvtransparenta solceller finns tillgängliga på marknaden vilka också kan vara aktuella att använda för växthus (Marucci et al. 2012). Försök har visat att trots fluktuerande skugga går det att producera en hög skörd; i ett torrt klimat kan grödor gynnas av ett agrivoltaicsystem (Marrou et al. 2013). Skugga minskade den faktiska evapotranspirationen i sallad och gurka och därmed skulle vattenanvändningen kunna

effektiviseras. Juvenila plantor kan påverkas negativt vid påtaglig skugga samtidigt som de kan gynnas av minskad transpiration i ett varmt klimat (Marrou et al. 2013).

Solpaneler och gröna tak

Solpaneler och gröna tak installeras sällan tillsammans trots att det kan vara fördelaktigt, exempelvis dämpas effektivitetsförluster av evapotranspirationen när temperaturen överstiger 25° C (Nagengast et al. 2013). Solpaneler på ett vegeterat tak ger skugga, halvsugga och direkt solljus och bildar torrare och blötare ytor då regnvatten distribueras ojämnt (Kadas 2010, Köhler et al. 2007). Under solpanelerna kan en variation av extensiv takvegetation växa men solcellerna får inte komma att skuggas av högväxande plantor (Köhler et al. 2007). På Ufa-fabriken i Berlin installerades -98 ett flertal solpaneler över ett extensivt tak. Vegetationen på Ufa-fabriken kom gradvis att ändras från en suckulent till en mer örtartad vegetation då skuggan från solpanelerna reducerade evaporationen och därmed torkstressen (Köhler et al. 2007). På BOKU (Universitetet för naturresurser och livsvetenskap) i Österrike pågår just nu forskning som undersöker kombinationen intensiva gröna tak och transparenta solpaneler³.

Vissa av gröna takföretagen, bland annat ZinCo (2014) och Optigrün (u.å), levererar moduler och lösningar för solpaneler och takgrönska. Modulerna består ofta av ett skyddande och ett dränerande lager. Substratets tyngd håller modulerna på plats så att montering av solcellerna i taket inte är nödvändig (ZinCo 2014). Under solpanelerna läggs en kapillärfilt för att distribuera regnvatten till vegetationen undertill (Optigrün u.å).

³ Irene Zluwa, doktorand BOKU, personliga meddelande, föreläsning den 07-01-2014



Figur 1 Exempel på hur solpaneler och biodiversitetstak kan kombineras. Bild från Zürich, fotograf: Jonatan Malmberg, Scandinavian Green Roof Institute



Figur 2. Ytterligare ett exempel på ett Biosolar Roof. Fotograf: Nathalie Baumann

Diskussion

Uppsatsen frågeställningar lyder: *Hur bör ett extensivt grönt tak konstrueras för att gynna den biologiska mångfalden, särskilt humlor i den urbana miljön, där taket samtidigt ska vara en plats för solpaneler? Vilka för- och nackdelar kan finnas med kombinationen vegeterade tak och solceller?*

För det första: av vilka skäl bör gröna tak anläggas? Vegeterade tak blir det naturliga alternativet i urbana miljöer då förtätning och exploatering gör det svårt att värna om grönytor och annan grön infrastruktur i staden. Gröna tak kan anläggas på redan existerande tak, passande för detta ändamål, eller ritas in i nybyggnationer. Gröna tak ger privata- och samhällsekonomiska vinster till exempel förbättrad dagvattenhantering och sänkt energikonsumtion. Sveriges tre storstadsregioner Göteborg, Malmö och Stockholm är i högsta grad föremål för förtätning och urban utbyggnad. Samtliga tre storstäder är belägna i kustzoner vilka ofta är föremål för urbanisering och där den biologiska mångfalden tenderar att vara hög (Seto et al. 2013). Gröna tak består vanligen av prefabricerade tunna sedummattor vilka efter ett par år har lågt värde för den biologiska mångfalden, flora som fauna. Med bakgrund av CBD, EU:s strategi om biologisk mångfald samt Sveriges miljökvalitetsmål finns skäl för att installera och anlägga fler biodiversitetstak, som i högre utsträckning skulle kunna gynna den urbana biologiska mångfalden.

Urbanisering och det mer intensifierade jordbruket har bidragit till en minskning av humlearter; två av de humlearter som för Sveriges del räknas som nationellt utdöda har tidigare existerat i urbana miljöer. Runt urbana områden kan det dock finnas en hög artrikedom av humlearter då det finns gott om födoresurser vid bland annat kolonilottsområden. För att gynna en av Sveriges viktigaste pollinerare, humlan, måste födoresurserna öka, det vill säga rikligt blommande vegetation. Om städernas grönyta kan erbjuda en mer vildvuxen blommande ängsvegetation skulle fler humlearter eventuellt kunna ses i den urbana miljön (Mossberg & Cederberg 2012) vilket skulle innebära en ökning av den urbana biodiversiteten.

Biosolar Roofs

Elenergi producerat av solceller är miljövänligt producerad el, men framställningen av solceller är inte problemfri utan energi- och materialkrävande (Molander et al. 2013). Miljökvalitetsmålet "God bebyggd miljö" säger sig dock vilja uppmuntra till förnyelsebara energikällor vilket solpaneler är. Kombinationen solpaneler och gröna tak ses sällan tillsammans trots de fördelar som konstellationen kan ge. Eftersom gröna tak inte går att anlägga på alltför lutande tak begränsas potentiella gröna takytor till relativt platta tak med lutning på runt 2-5°. Gröna takföretag har nu utvecklat moduler som underlättar installationen av vegeterade tak och solpaneler. Fördelar med kombinationen är bland annat att effektivitetsförluster minskar eller förhindras då solpanelerna kyles ned med hjälp av vattenavdunstning. Samtidigt skapas små mikroklimat naturligt genom solcellernas skuggning av växtplatsen vilket bidrar till en ojämn avdunstning. Därmed skapas torrare och fuktigare ytor vilket förstärks av att nederbörden distribueras ojämnt. Solpanelerna skulle också kunna fungera som läskydd. Precis som Köhler et al (2007) noterade, tenderade vegetationen att bli mer örtartad, istället för enbart bestå av Sedumarter, när solpaneler kombinerades med gröna tak. Möjligen kan utrymme här ges för att plantera eller så in en vegetation som är mindre vind- och torktålig.

En nackdel med kombinationen är att vegetationen kan komma att skugga solpanelerna och på så sätt sätta ned solcellernas effektivitet. För att förhindra detta kan en något mer lågväxande vegetation sås in. Men de klimatförhållandena som råder på ett vegeterat tak, som vind och torka i kombination med ett begränsat substratdjup, kan ha en naturligt höjdreducerande effekt på vegetationen (Olly et al. 2011). Det är heller inte enbart tyngden från ett vegeterat tak som ska tas hänsyn till, utan även tyngden från solpanelerna. Eventuellt kan potentiella Biosolar Roofs begränsas om få tak håller för den sammanlagda vikten. I de norra breddgraderna är också solinstrålningen låg och elproduktionen når därför inte sin fulla potential. Solceller är dessutom kostsamma att producera och framställningen korresponderar ej med vissa av Sveriges 16 miljökvalitetsmål (Molander et al. 2013).

Konstruktion

För att skapa ett tak som gynnar en varierad flora bör substratet vara näringsfattigt och inte innehålla mer än 10 % organiskt material då detta tenderar att leda till hög förekomst av gräs och en ensidig vegetation. Dessutom riskerar det att brytas ned snabbt. Med tiden kommer dock det organiska innehållet att öka (Nagase & Dunnett 2011) vilket skulle kunna gynna en gräsvegetation naturligt. Näringsnedfall från nederbörden skulle potentiellt sett kunna påverka näringsinnehållet⁴. Köhler & Polls långtidsstudie bekräftar att gräsvegetation är vanligt förekommande på äldre moderna vegeterade tak, samtidigt som det fortfarande finns en variation av flora (2009). Kadas (2010) rekommenderar att efter blomning klippa ner vegetationen vilket skulle kunna bortföras från växtplatsen om det är önskvärt att hindra organiskt material från att brytas ned i växtmediet. En anledning till att låta vegetationen ligga kvar kan vara för att låta växtmaterialet fröa av sig. Att låta vegetationen brytas ned är ett sätt att skapa en växtplats som är självförsörjande på näring. Substratet bör ha ett normalt pH och utifrån Köhler & Polls studie kommer växtplatsen förmodligen inte behöva kalkas utan kommer hålla ett jämnt pH-värde (2009). Även om gräs är oönskat ur flera synpunkter kan gräsvegetation utgöra en potentiell boplats för humlor (Mossberg & Cederberg 2012).

Substraten får gärna ha varierande vattenhållande kapacitet för att mikrohabitat med fuktigare och torrare ställen kan skapas (Brenneissen 2006). För att förbättra retentionsförmågan kan exempelvis biokol eller finmald tegelkross blandas in och för att få motsatt effekt kan ett grövre substrat användas. Substraten kan bestå av grus, krossat tegel, krossad betong, sand och biokol exempelvis. När den vattenhållande förmågan ökar, ökar också vikten på taket, men samtidigt har de substrat som används låg vikt. Då detta arbete koncentrerar sig på extensiva eller semi-extensiva tak är substratdjupet begränsat till runt 15 cm. Eftersom solpanelerna ofta är lutade (Figur 1, Figur 2 och Figur 4) och nederkanten ligger mot eller nära substratet vore det konstruktivt att substratdjupet är som lägst kring och undertill solpanelerna. I det tunna substratdjupet (4-5 cm) trivs främst lågväxande *S. album*, *S. acre* och mossvegetation. Där substratdjupet är tänkt att vara som djupast (10-15 cm), bör ligga en bit från solpanelernas nederkant för att inte riskera att vegetationen kommer att skugga

⁴ Mats Gyllin, personliga meddelanden, konversation 2014-03-05

solcellerna. En kapillärfilt i botten under solpanelerna tillåter vegetation även där. Att variera substratdjupet medför, förutom olika mikrohabitat, också att taket blir lättare än om det varit ett djupare substrat jämnt fördelat över taket.

I de djupare substraten tenderar vegetationen att vara som mest diversifierad och klara av torkan bättre (Dunnett et al. 2008, Bates et al. 2013) Biodiversiteten bland floran kan också gynna vegetationen mot torkstress (Nagase & Dunnett 2010). I Bates et als studie (2013) kom *Sedum* spp och mossor att dominera på de båda taken, men främst på det tak med lägre substratdjup. För att undvika en monokultur av sukulenta vegetation krävs ett djupare substrat i högre utsträckning. I Nagase & Dunnetts studie (2012) pågick försöket endast ett år och det går därför inte att dra några slutsatser på lång sikt att 7 cm substrat skulle vara tillräckligt för att gynna en varierad ängsvegetation.

Då torka är en limiterande faktor för mångfalden och vegetationsförekomst, föreslår flera författare att bevattning bör sättas in om nederbördsmängderna är otillräckliga (och om då en hög biologisk mångfald är önskvärd) (Köhler 2006, MacIvor et al. 2011). Möjligheten till bevattning kan vara begränsad vilket ger stöd till varför kombinationen solpaneler och gröna tak är en god idé. Bevattning kan vara ogynnsamt om det ger frodiga plantor känsliga mot torka. Om torkstress däremot begränsar vegetationen på ett sådant sätt att blomning förkortas eller uteblir, finns däremot skäl att sätta in bevattning under torra perioder. För att gynna pollinerare måste det finnas näringsresurser som pollen och nektar. Skugga och minskad transpirationshastighet kan skapas genom att lägga stenar och döda vedträn till växtplatsen. Döda vedträn kan vara intressanta som habitat för andra gaddsteklar än bara humlor (Kadas 2010). Då tak som ligger i skugga är olämpliga som Biosolar Roofs ges ytterligare skäl till varför kombinationen vegeterade tak och solpaneler är en god idé.



Figur 3 Vid solpanelernas nederkant bör substratdjupet begränsas för att endast tillåta lågväxande vegetation för att inte riskera att skugga solpanelerna. Fotograf: Nathalie Baumann.

Om bevattning saknas bör en större mängd frön sås för att säkra en god uppkomst. Det kan också ta ett par år innan vegetationen har etablerat sig och täcker större delar av substratet. Om plantorna har nedsatt reproduktion kan det vara tvunget att så in arterna kontinuerligt för att inte riskera en urlakning av fröbanken eller en minskning av arter. Gräsfrön är inte nödvändigt att inkludera i en frömix. Emilsson (2008) visar att trots att billigare och långsiktigt fördelaktiga etableringsmetoder existerar, fortsätter prefabricerade mattor att dominera den gröna takmarknaden. Detta trots att de efter ett par år minskar i biologisk mångfald vad gäller flora och fauna (Kadas 2006). *Sedum* spp förökas lätt med sticklingar och pluggplantor kan planteras in, dock med risk för att ryckas upp av fåglar. Att använda lokalt eller inhemskt plantmaterial korresponderar med ”Ett rikt växt och djurliv”. Att använda icke-inhemskt plantmaterial kan innebära fördelar om dessa är anpassade till de klimatförhållanden som råder på ett grönt tak men innebär samtidigt att invasiva främmande arter införs.

Kan ett Biosolar Roofs gynna humlor?

Växtlistan som presenteras under resultat, se Växtförslag för , är långt ifrån komplett och enbart ett urval av de växtarter som har visat sig förekomma på vegeterade tak (i varierande skala) och som också kan tjäna som pollen- och nektarresurser för humlor. Fabaceaeväxter är en mycket viktig födoresurs; reduktionen av *T. pratense* och *L. corniculatus* listas som en av orsakerna till en reduktion av humlearter (Goulson et al. 2005a). Både *T. pratense* och *L. corniculatus* har visat sig förekomma på semi-extensiva tak och räknas som torktåliga (Köhler & Poll 2009, Bates et al. 2013). Listan presenterar arter från många växtfamiljer vilket kan vara gynnsamt då dessa kommer att konkurrera om olika näringsresurser (Dunnett & Nolan 2004). Med undantag för *P. vulgaris* är arterna anpassade till en torr miljö. *P. vulgaris* skulle kunna sås eller planteras in där dräneringen är lite sämre eller där substratet har en hög vattenhållande kapacitet. *Papaver* spp. har i tidigare studier blommat rikligt men sedan försvunnit på vegeterade tak (Bates et al. 2013) vilket möjligtvis kan bero på att de kräver en näringsrik jord enligt Mossberg och Stenberg (2010). Genom att variera det organiska materialets innehåll på taken skulle möjligtvis mer näringskrävande växter kunna trivas där. Växtlistan innehåller dessutom flera perenner vilket sägs föredras av humlor.

De flesta av de föreslagna växterna blommar juni-juli vilket är tiden då humlesamhället har sin största tillväxtperiod (Mossberg & Cederberg 2012). Få arter blommar i maj men fler däremot i augusti och september. Växtlistan erbjuder därför föda under en begränsad tidsperiod. Värt att notera är att växtlistan är uttagen från försök som har genomförts främst i Storbritannien och Tyskland. I södra Sverige kan det råda andra klimatförhållanden och förutsättningar för vegetationen och blomningsperioden kan därmed se annorlunda ut. Ett problem är att torka tenderar att förkorta blomningsperioden och vissa växter kanske inte utvecklar blommor över huvud taget. I det fallet har takvegetation då lågt värde som födoresurs.

Som Goulson et al (2005b) skriver så gäller det att koppla ihop grönytorna i en stad samt variera dessa för att gynna humlor i urban miljö och att öka blomrikedomen. Som både Madre et al (2013), Kadas (2010) och Tonietto et al (2011) framhåller har biodiversitetstak stor potential att utgöra habitat, för bland annat humlor. Då förekomsten av humlor i urban miljö påverkas av hur omgivande områden ser ut, är det möjligt att det skulle kunna finnas fler

humlearter på ett biodiversitetstak som är beläget i närheten av blomsterrika utkanter i en stad. De studier som genomförts i Chicago (Tonietto et al. 2011, Ksiazek et al. 2012) visade att humlor och bin förekom på vegeterade tak, men i färre antal arter och individer, än mer blomsterrika fält. Det kan bero på att omgivningarna runt taken inte hade tillräckligt mycket födoresurser att erbjuda men det kan också indikera på att vissa tak ligger på en för hög höjd för att humlor ska hitta dit.

Genom att lägga lövhögar till ett biodiversitetstak eller installera fågelholkar ges humlesamhället också en potentiell boplats (Mossberg & Cederberg 2012). Som Kadas (2010) noterade förekom ett antal markbyggande bin på biodiversitetstak där arterna getts möjlighet till att bygga bon. Ett enskilda biodiversitetstak har måhända ett lågt habitatvärde, men om dessa anläggs i stor skala så skapas fler sammanhängande grönytor och gröna korridorer. Biosolar Roofs kan vara av värde för andra pollinatörer, exempelvis fjärilar och bin. Om biodiversitetstak och Biosolar Roofs blir ett vanligt inslag i den urbana miljö kan deras fulla ekologiska värde då uppskattas.



Figur 4 Ytterligare ett exempel på hur ett Biosolar Roof kan tänkas se ut. Fotograf: Nathalie Baumann

Metoddiskussion

Utifrån tidsramen för denna uppsats, säsongen som arbetet har skrivits under samt det faktum att det finns få, om några, biodiversitetstak med solpaneler i Sverige, har ett försök eller ett experiment varit omöjligt att genomföra. Den mest lämpliga metoden har därför varit litteraturstudie. Få vetenskapliga artiklar om gröna tak behandlar biologisk mångfald, ännu färre gröna tak i kombination med solpaneler. De texter som använts i resultatet är ofta citerade i andra vetenskapliga artiklar, vilket visar hur lite forskning det finns kring biodiversitetstak och solpaneler och gröna tak i kombination. Utifrån de förutsättningarna anser jag mig ha täckt in litteraturen på ett bra sätt. Artiklarna och annat publicerat material speglar det fenomen som valts att undersöka.

Litteraturen kunde enbart ha inkluderat peer review artiklar vilket dock hade begränsat arbetet, likaså att utesluta databasen Google Scholar. Vissa artiklar är ibland mer än tio år gamla, delvis för att det finns lite litteratur om bland annat biodiversitetstak och delvis för att jag har sökt efter primärkällor. Arbetet inkluderar möjligen ett överflöd av artiklar och jag hade kunnat begränsa mitt urval. Givet utifrån tidsramen är det svårt att hinna få tag i samtliga artiklar i tryckt format, därav är den mesta litteraturen i elektroniskt format.

Om möjlighet funnits hade det varit intressant att genomföra semistrukturerade kvalitativa intervjuer med yrkesverksamma inom detta område. Då utvecklingen av Biosolar Roofs ännu inte finns i Sverige, hade det blivit svårt och tiden blivit knapp för att försöka få tag i branschfolk i Tyskland, Storbritannien och Schweiz där biodiversitetstak är mer vanligt förekommande. Däremot hade det varit intressant att med denna uppsats som grund, intervjua de gröna takföretag som finns idag i Sverige, för att diskutera varför vegeterade tak idag inte utformas för att gynna den biologiska mångfalden mer.

Slutsatser

- ✚ Vegeterade tak, och framför allt biodiversitetstak, korresponderar med flera av Sveriges miljökvalitetsmål och blir därför ett självklart grönt infrastrukturalternativ i urbana miljöer, som förtätas och exploateras alltmer, för att gynna biodiversiteten.
- ✚ Urbanisering och det mer intensifierade jordbruket har lett till en minskning av humlearter. För att kunna gynna humlor gäller det att koppla ihop grönytor i en stad och erbjuda en vildvuxen blommande ängsvegetation.
- ✚ Ett biodiversitetstak bör bestå av ett näringsfattigt substrat, en variation i substratdjup och en variation av näringsinnehåll. Det organiska materialet bör inte överstiga 10 %. Substraten kan bestå av grus, krossat tegel, krossad betong, leca, sand och biokol. Substratdjupen kan varieras mellan 4-15 cm i kull- och dalliknande formationer där det tunnaste substratet läggs närmast solpanelernas nedre kant.
- ✚ *Lotus corniculatus*, *Echium vulgare*, *Trifolium pratense* och *Origanum vulgare* är ett urval av de växter som är viktiga födoresurser och bör ingå i ett biodiversitetstak för att gynna humlor.
- ✚ Vegeterade gröna tak kan ha en reducerad blomningsperiod och födoresurserna på ett biodiversitetstak kan därför vara av lägre värde än vildblommande ängsvegetation vid marknivå. Ett biodiversitetstak med mer varierad blommande vegetation har dock högre värde som födoresurs för humlor än vad rena sedummattetak har.
- ✚ Elenergi producerat av solceller är miljövänligt producerad el. Kombinationen solpaneler och gröna tak ses sällan tillsammans trots de fördelar som konstellationen kan ge. Vegetationen minskar solpanelers effektivitetsförluster vid höga temperaturer. Solpaneler bildar små mikrohabitat naturligt och gynnar en biologisk mångfald på tak.
- ✚ Nackdelar är att vegetationen riskerar att skugga solpanelerna och sätta ned effektiviteten. Solpaneler ger i norra breddgrader låg elproduktion och det är också dyrt samt materialkrävande att producera. Även tyngden från solpanelerna måste tas med i beräkningen.

Referenslista

- Ahrné K. 2008. *Local Management and Landscape Effects on Diversity of Bees, Wasps and Birds in Urban Green Areas*. Diss. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala: Repro.
<http://pub.epsilon.slu.se/1766/1/Kappan.pdf> [2014-01-24]
- Ahrné K., Bengtsson J., Elmqvist T. 2009. Bumble Bees (*Bombus* spp) along a Gradient of Increasing Urbanization. *PLoS ONE* 4(5): e5574.
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0005574> [2014-01-24]
- Antoni R., Mellander C. 2013. Stadens kultur och tillväxt. I Weibull L., Oscarsson H., Bergström A (red). *Vägskäl*. Göteborg: SOM-institutet.
http://www.som.gu.se/digitalAssets/1453/1453860_18-antoni-o-mellander.pdf [2014-02-28]
- ArtDatabanken. 2010. *Mosshumla – Bombus muscorum*.
<http://www.artfakta.se/GetSpecies.aspx?SearchType=Advanced> [2014-03-03]
- Bates A. J., Sadler J. P., Mackay R. 2013. Vegetation development over four years on two green roofs in the UK. *Urban Forestry & Urban Greening*. 12: 98-108.
- Beck D. A., Johnson G. R., Spolek G. A. 2011. Amending greenroof soil with biochar to affect runoff water quantity and quality. *Environmental Pollution*. 159: 2111-2118.
- Bernes C. 2011. *Biologisk mångfald i Sverige*. Stockholm: Naturvårdsverket
- Brenneisen S. 2006. Space for Urban Wildlife: Designing Green Roofs as Habitats in Switzerland. *Urban Habitats*. 4 (1): 27-36.
http://www.urbanhabitats.org/v04n01/wildlife_pdf.pdf [2014-02-04]
- Brenneisen S. 2004. Green Roofs – How Nature Returns to the City. *Acta Horticulturae*. 643, ss. 289-293.
- Carrillo L., Jauch M., Meinken E. 2012. Determination of Substrate Quality for Extensive Green Roof According to FLL Guideline. *Acta Horticulturae*. 938: 431-436.
- Carvell C. 2001. Habitat use and conservation of bumblebees (*Bombus* spp.) under different grassland management regimes. *Biological Conservation*. 103: 33-49.
- CBD Secretariat. U.å. *Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020, including Aichi Biodiversity Targets*. <http://www.cbd.int/sp/> [2014-02-20]
- Cederberg B. 2000. Steklar – Wasps, Hymenoptera. I Gärdenfors U (red). 2000. *Rödlistade arter i Sverige 2000 = The 2000 red list of Swedish species*. Uppsala: ArtDatabanken, Sveriges lantbruksuniversitet i samarbete med Naturvårdsverket

Cederberg B., Abenius J., Hellqvist S., Högmo O., Larsson M., Sörensson M. 2010. Steklar – Wasps, Hymenoptera. I Gärdenfors U (red). 2010. *Rödlistade arter i Sverige 2010 = The 2010 redlist of Swedish species*. Uppsala: ArtDatabanken i samarbete med Naturvårdsverket.

Centrum för Biologisk Mångfald. 2010. *Biologisk mångfald*. (CBM Faktablad 2010:1).

Uppsala: Centrum för Biologisk Mångfald.

http://www.slu.se/Global/externwebben/centrumbildningar-projekt/centrum-for-biologisk-mangfald/Dokument/publikationer-cbm/Faktablad/folder_bm_cbm_webb.pdf [2014-02-20]

Duffy K. J., Stout J. C. 2008. The effects of plant density and nectar reward on bee visitation to the endangered orchid *Spiranthes romanzoffiana*. *Acta Oecologica*. 34 (2): 131-138.

Dunnett N., Nagase A., Hallam A. 2008. The dynamics of planted and colonising species on a green roof over six growing seasons 2001-2006: influence of substrate depth. *Urban Ecosystem*. 11: 373-384.

Dunnett N., Kingsbury N. 2004. *Planting Green Roofs and Living Walls*. Portland: Timber Press

Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y. 2011. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 36 (10): 2725-2732.

Emilsson T. 2008. Vegetation development on extensive green roofs: Influence of substrate composition, establishment method and species mix. *Ecological Engineering*. 33: 265-277.

Emilsson T., Rolf K. 2005. Comparison of establishment methods for extensive green roofs in southern Sweden. *Urban Forestry & Urban Greening*. 3: 103-111.

EU. 2011. *The EU Biodiversity Strategy to 2020*. Luxemburg: Publication office of the European Union.

http://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/brochures/2020%20Biod%20brochure_en.pdf [2014-02-03]

European commission. 2012 *The multifunctionality of Green Infrastructure*. Science for Environment Policy. In-Depth Report.

http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/Green_Infrastructure.pdf [2014-02-10]

Francis R. A., Lorimer J. 2011. Urban reconciliation ecology: the potential of living roofs and walls. *Journal of Environmental Management*. 92: 1429-1437.

Goulson D. 2010. *Bumblebees: behaviour, ecology and conservation*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press

Goulson D., Darvill B. 2010. Conservation. I *Bumblebees: behaviour, ecology and conservation*. Goulson D. 2. ed. Oxford: Oxford University Press

- Goulson D., Hanley M. E., Darvill B., Ellis J. S., Knight M. E. 2005a. Causes of rarity in bumblebees. *Biological Conservation*. 122: 1-8.
- Goulson D., Hanley M. E., Darvill B., Ellis J. S. 2005b. Biotope associations and the decline of bumblebees (*Bombus* spp.). *Journal of Insect Conservation*. 10: 95-103.
- Haaland C., Gyllin M. 2010. Butterflies and bumblebees in greenways and sown wildflower strips in southern Sweden. *Journal Insect Conservation*. 14: 125-132.
- Holmström G. 2007. *Humlor alla Sveriges arter – så känner du igen dem i naturen – och i trädgården*. Stockholm: Östlings Bokförlag Symposium
- Ishimatsu K., Ito K. 2013. Brown/biodiverse roofs: a conservation action for threatened brownfields to support urban biodiversity. *Landscape and Ecological Engineering*. 9: 299-304.
- Jennersten O., Morse D. H., O'Neil P. 1991. Movements of male and worker bumblebees on and between flowers. *Oikos*. 62: 319-324.
- Johnson S. D., Peter C. I., Nilsson L. A., Ågren J. 2003. Pollination Success in a Deceptive Orchid Is Enhanced by Co-Occurring Rewarding Magnet Plants. *Ecology*. 84 (11): 2919-2927.
- Kadas G. 2006. Rare Invertebrates Colonizing Green Roofs in London. *Urban Habitats*. 4 (1): 66-86. http://www.urbanhabitats.org/v04n01/invertebrates_pdf.pdf [2014-02-04]
- Kadas G. 2010. *Green Roofs and biodiversity: Can Green Roofs provide habitat for invertebrates in an urban environment?* Saarbrücken: Lambert Academic Publishing
- Ksiazek K., Fant J., Skogen K. 2012. An assessment of pollen limitation on Chicago green roofs. *Landscape and Urban Planning*. 107: 401-408.
- Kotsiris G., Nektarios P. A., Paraskevopoulou A. T. 2012. *Lavandula angustifolia* Growth and Physiology Is Affected by Substrate Type and Depth When Grown Under Mediterranean Semi-intensive Green Roof Conditions. *HortScience*. 47 (2): 311-317.
- Köhler M., Poll P. H. 2009. Long-term performance of selected old Berlin greenroofs in comparison to younger extensive greenroofs in Berlin. *Ecological Engineering*. 36: 722-729.
- Köhler M., Wiartalla W., Feige R. 2007. *Interaction between PV-systems and extensive green roofs*. Proceedings of the Fifth Annual Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, Awards and Trade Show. Minneapolis, 29 april- 1 maj, 2007. <http://www.worldgreenroof.org/files/pdf/Manfred-KoehlerMinneapolisPV.pdf> [2014-02-18]
- Köhler M. 2006. Long-term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin. *Urban Habitats*. 4(1): 3-20. http://www.urbanhabitats.org/v04n01/berlin_full.html [2014-02-26]

- Larigauderie A., Prieur-Richard A-H., Mace G. M., Lonsdale M., Mooney H. A., Brussaard L., Cooper D., Cramer W., Daszak P., Díaz S., Duraipappah A., Elmqvist T., Faith D. P., Jackson L. E., Krug C., Leadley P. W., Le Prestre P., Matsuda H., Palmer M., Perrings C., Pulleman M., Reyers B., Rosa E. A., Scholes R. J., Spehn E., Turner II B. L., Yahara T. 2012. Biodiversity and ecosystem services science for a sustainable planet: the DIVERSITAS vision 2012-20. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 4 (1): 101-105.
- Lázaro A., Totland Ø. 2010. Local flora composition and the behaviour of pollinators: attraction to and foraging within experimental patches. *Ecological Entomology*. 35 (5): 625-661.
- Liu K. K. Y. 2006. Green, reflective and photovoltaic roofs. *Construction Canada*. 48 (5): 44-54.
- Lorimer J. 2008. Living roofs and brownfield wildlife: toward a fluid biogeography of UK nature conservation. *Environment and Planning*. 40: 2042-2060.
- MacIvor J. S., Margolis L., Puncher C. L., Carver Matthews B. J. 2013. Decoupling factors affecting plant diversity and cover on extensive green roofs. *Journal of Environmental Management*. 130: 297-305.
- Madre F., Vergnes A., Machon N., Clergeau P. 2013. A comparison of 3 types of green roof as habitats for arthropods. *Ecological Engineering*. 57: 100-117.
- Marrou H., Dufour L., Wery J. 2013. How does a shelter of solar panels influence water flows in a soil-crop system? *European Journal of Agronomy*. 50: 38-51.
- Marucci A., Monarca D., Cecchini M., Colantoni A., Manzo A., Cappuccini A. 2012. The Semitransparent Photovoltaic Films for Mediterranean Greenhouse: A New Sustainable Technology. *Mathematical Problems in Engineering*. 2012: 1-14.
- Meral M. E., Dinçer F. 2011. A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 (5): 2176-2184.
- Molander S., Ahlborg H., Arvidsson R., Hammar L., Kushnir D., Wallin A., Westerdahl J. 2010. *Förnybara energikällors inverkan på de svenska miljömålen*. (Naturvårdsverket Rapport 6391). Stockholm: Naturvårdsverket.
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6391-7.pdf> [2014-03-06]
- Molineux C. J., Fentiman C. H., Gange A. C. 2009. Characterising alternative recycled waste materials for use as green roof growing media in the U.K. *Ecological Engineering*. 35: 1507-1513.
- Mossberg B., Cederberg B. 2012. *Humlor i Sverige: 40 arter att älska och förundras över*. Stockholm: Bonnier Fakta
- Mossberg B., Stenberg L. 2010. *Den nya nordiska floran*. Ny utg. Stockholm: Bonnier fakta

Nagase A., Dunnett N. 2012. Establishment of an annual meadow on extensive green roofs in the UK. *Landscape and Urban Planning*. 112:50-62.

Nagase A., Dunnett N. 2011. The relationship between percentage of organic matter in substrate and plant growth in extensive green roofs. *Landscape and Urban Planning*. 103: 230-236.

Nagase A., Dunnett N. 2010. Drought tolerance in different vegetation types for extensive green roofs: Effects of watering and diversity. *Landscape and Urban Planning*. 97: 318-327.

Nagengast A., Hendrickson C., Scott Matthews H. 2013. Variations in photovoltaic performance due to climate and low-slope roof choice. *Energy and Buildings*. 64: 493-502.

Naturvårdsverket. 2013. *Förslag till hur en handlingsplan för grön infrastruktur kan tas fram på regional nivå*. (NV-03367-13). Stockholm: Naturvårdsverket.
<http://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2013/gron-regional-infrastruktur/gron-infrastruktur-2013.pdf> [2014-02-03]

Naturvårdsverket. U.å. *Sveriges miljömål*. <http://www.miljomal.se/Miljomalen/> [2014-02-03]

Naturvårdsverket. 2010. *Konventionen om biologisk mångfald och svensk naturvård – Sammanfattning av Sveriges fjärde nationella rapport till sekretariatet för konventionen om biologisk mångfald*. (Naturvårdsverket Rapport 6389). Stockholm: Naturvårdsverket.
<http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6389-4.pdf> [2014-02-19]

Norton B., Eames P. C., Mallick T. K., Huang M. J., McCormack S. J., Mondol J. D., Yohanis Y. G. 2011. Enhancing the performance of building integrated photovoltaics. *Solar Energy*. 85: 1629-1664.

Olly L. M., Bates A. J., Sadler J. P., Mackay R. 2011. An initial experimental assessment of the influence of substrate depth on floral assemblage for extensive green roofs. *Urban Forestry & Urban Greening*. 10: 311-316.

Optigrün. U. å. *Dachbegrünung "SolarGrünDach"*.
<http://www.optigruen.de/Systemloesungen/SolargruendachL1.html> [2014-03-06]

Puppim de Oliveira J. A., Balaban O., Doll C. N. H., Moreno-Peñaranda R., Gasparatos A., Iossifova D., Suwa A. 2011. Cities and Biodiversity: Perspectives and governance challenges for implementing the convention on biological diversity (CBD) at the city level. *Biological Conservation*. 144: 1302-1313.

Regeringskansliet. 2014. *Fler bostäder för fler jobb*.
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/23/47/55/21cbb690.pdf> [2014-02-28]

Samnegård U., Persson A. S., Smith H. G. 2011. Garden benefit bees and enhanced pollination in intensively managed farmland. *Biological Conservation*. 144: 2602- 2606.

Seto K. C., Parnell S., Elmqvist T. 2013. A Global Outlook on Urbanization. I Elmqvist T (red). 2013. *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment*.

Singh G. K. 2013. Solar power generation by PV (photovoltaic) technology: a review. *Energy*. 53: 1-13.

Svenska miljömål – preciseringar av miljö kvalitetsmålen och en första uppsättning etappmål. 2012. Ds 2012:23. Stockholm: Miljödepartementet.
<http://www.regeringen.se/content/1/c6/19/64/69/db3699d7.pdf> [2014-02-03]

Söderström B. 2013. *Sveriges humlor – en fälthandbok*. Stockholm: Sveriges Entomologiska förening i Stockholm

Tonietto R., Fant J., Ascher J., Ellis K., Larkin D. 2011. A comparison of bee communities of Chicago green roofs, parks and prairies. *Landscape and Urban Planning*. 103: 102-108.

Worster D. 1996. *De ekologiska idéernas historia*. 1 uppl. Stockholm: SNS Förlag

ZinCo. 2014. *Green Roof and Solar Energy: Pure Synergy*. http://www.zinco-greenroof.com/EN/greenroof_systems/solar_energy.php [2014-03-06]

Bilagor

Bilaga 1

Tabell 3 Humlor som förekommer eller har förekommit i södra delarna av Sverige (Mossberg & Cederberg 2012, Söderström 2013, Holmström 2007)

Namn	Förekomst	Status
Mörk jordhumla <i>B. terrestris</i>	Tätortsnära miljöer	Vanlig
Ljus jordhumla <i>B. lucorum</i>	Skogsmark, skogshyggen, parker, nästa alla typer av miljöer	Vanlig
Kragjordhumla <i>B. magnus</i>	Kustheder, ruderatmarker och trädgårdar	Ovanlig, osäker utbredning, troligtvis södra Sverige
Stäpphumla <i>B. cullumanus</i>	Blomrika gräsmarker, torrängar	Nationellt utdöd
Stenhumla <i>B. lapidarius</i>	Odlingsbygd, urban miljö, havsstränder	Vanlig
Brynhumla <i>B. soroensis</i>	Skog, öppna marker	Vanlig
Hushumla <i>B. hypnorum</i>	Parker, trädgårdar, i anslutning till bebyggelse	Vanlig
Ljunghumla <i>B. jonellus</i>	Hedartad vegetation, sydsvenska kustheder som i fjällen	Sällsynt
Ängshumla <i>B. pratorum</i>	Skogsmiljö, ängsmark, trädgårdar	Vanlig
Trädgårdshumla <i>B. hortorum</i>	Skogsmarker, trädgårdar, parker	Vanlig
Fälthumlan <i>B. ruderatus</i>	Jordbrukslandskap, urban miljö	Troligtvis nationellt utdöd
Klöverhumla <i>B. distinguendus</i>	Jordbrukslandskap	Utdöd i nästan hela Götaland, nära hotad
Vallhumla <i>B. subterraneus</i>	Öppet jordbrukslandskap	Vanlig, ströks från den svenska rödlistan 2008.
Åkerhumla <i>B. pascuorum</i>	Trädgårdar, skogsbiotop, parker, gräsmarker,	Vanlig, utbredd
Backhumla <i>B. humilis</i>	Ålderdomlig odlingsbygd, ruderat, omväxlande äng och skog	Mindre allmän, minskat i antal i Skåne och södra Småland

Mosshumla <i>B. muscorum</i>	Kustnära områden, kalkrika gräs- ängs- och hedmarker, urban miljö	Sårbar, lokala förekomster i Skåne
Gräshumla <i>B. ruderarius</i>	Gräs- och buskmark, trädgårdar	Mindre vanlig
Haghumla <i>B. sylvarum</i>	Mosaiklandskap, skogsbyn, trädgårdar, betesmark	Minskat i Centraleuropa
Sandhumla <i>B. veteranus</i>	Blomrika strandängar, urban miljö	Utdöd på flera håll i landet, status Starkt hotad, återvandrat till norra Norrland
Stensnylthumla <i>B. campestris</i>	Odlingsbygd, bebyggd miljö, där stenhumlan förekommer	Osäker
Åkersnylthumla <i>B. rupestris</i>	Löv- och blandskog, gräsmark	Mindre vanlig
Trädgårdssnylthumla <i>B. barbutellus</i>	Lundartad miljö, skogsmark, trädgårdar	Sällsynt? Finns i Skåne, Östergötland och på Öland
Jordsnylthumla <i>B. bohemicus</i>	Parker, trädgårdar, kuster, jordbrukslandskap.	Vanlig i hela landet
Sydsnylthumla <i>B. vestalis</i>	Parker, trädgårdar, kusthedar	Nyligen invandrad, numera vanlig i Skåne
Ängssnylthumla <i>B. sylvestris</i>	Äng och skog, parker, trädgårdar	Vanlig
Hussnylthumla <i>B. norvegicus</i>	Där hushumlan söker sig, gårdsmiljö och annan bebyggelse	Utbredd i Götaland, Svealand, Öland, södra Norrland
Broksnylthumla <i>B. quadricolor</i>	Betesmark, trädgårdar, bryn	Sällsynt
Skogsjordhumla <i>B. cryptarum</i>	Barr- och blandskog, trädgårdar, parkmiljö	Allmän i hela Sverige